Научно-Популярная Библиотека
Военного издательства

А. И. СЕДОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

А. И. СЕДОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА — 1963

530.3
С28

В настоящей брошюре рассказывается о радиоактивных веществах и их применении в различных областях народного хозяйства. Используя данные, опубликованные в иностранной печати, автор знакомит читателей также с так называемым радиологическим оружием — одним из средств массового поражения, основанным на использовании радиоактивных веществ.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, особенно на военнослужащих, которые интересуются радиоактивными веществами.

ВВЕДЕНИЕ

В Советском Союзе с каждым годом все шире используется ядерная энергия в мирных целях. Еще в 1954 г. советские люди первыми в мире осуществили пуск атомной электростанции и направили полученную энергию на службу промышленности и сельскому хозяйству. В 1958 г. вступила в строй первая очередь еще одной атомной электростанции мощностью 100000 *квт*. Успешно выдержал испытания и ныне прокладывает путь в Северном Ледовитом океане самый мощный в мире атомный ледокол «Ленин». В ближайшие годы вступят в строй новые атомные электростанции (Ново-Воронежская, Белоярская и др.), новые корабли, работающие на ядерной энергии.

Важнейшим направлением использования энергии атома в мирных целях у нас в Советском Союзе является применение радиоактивных изотопов в металлургии, машиностроении, легкой и пищевой промышленности, сельском хозяйстве, медицине. Видное место среди других методов научного исследования, особенно в физике, химии и биологии, занял метод меченых атомов.

В настоящее время в Советском Союзе радиоактивные изотопы и источники ядерных излучений применяют более 3000 заводов, институтов, лечебных учреждений и других организаций. Наша промышленность производит более 300 различных радиоактивных и стабильных изотопов и изготовляет из них свыше 700 химических соединений.

Советский Союз проводит политику широкого сотрудничества со всеми странами в деле мирного использования ядерной энергии и радиоактивных веществ, активно участвует в различных международных научно-технических конференциях и совещаниях, посвященных использованию в интересах человечества величайшего открытия нашего

времени — расщепления ядра атома. Наша Родина поставляет радиоактивные изотопы 32 странам мира.

Советские люди проявляют огромный интерес к использованию ядерной энергии, радиоактивных веществ. Это и понятно. Широкое применение ядерной энергии будет способствовать скорейшему построению коммунистического общества.

В поставленных Программой КПСС задачах по строительству коммунистического общества указаны пути использования атомной энергии: «По мере удешевления производства атомной энергии развернется строительство атомных электростанций, особенно в районах с недостатком других источников энергии, расширится применение атомной энергии в мирных целях в народном хозяйстве, медицине, науке».

Однако ядерная энергия может быть поставлена и на службу войне. В империалистических странах, особенно в США, этому направлению использования ядерной энергии уделяется основное внимание. Вынашивая бредовые планы войны против социалистических стран за мировое господство, агрессивные круги империалистических государств делают ставку на оружие массового поражения, и в первую очередь на ядерное оружие. Радиоактивные вещества привлекают внимание империалистов как оружие массового поражения, выгодное тем, что оно поражает людей без разрушения материальных ценностей.

Цель настоящей брошюры — познакомить читателей с использованием радиоактивных веществ в народном хозяйстве. В брошюре приводятся также некоторые сведения, известные из иностранной печати, о применении радиоактивных изотопов в военном деле, в частности в ракетной технике, а также о радиологическом оружии. Чтобы обеспечить понимание ядерных процессов, протекающих при действии радиоактивных излучений, в брошюре, кроме того, кратко поясняется устройство атома и рассказывается о радиоактивности.

Вполне понятно, что в небольшой по объему брошюре нет возможности рассказать о всем многообразии использования радиоактивных изотопов в народном хозяйстве. Более полные сведения по этому вопросу читатель может найти в литературе, указанной в конце брошюры.

☆

Глава первая

МИР ИЗЛУЧАЮЩИХ АТОМОВ

Открытие радиоактивности

В 1896 г. французский ученый Беккерель обнаружил странное явление. Накануне он положил вещество, содержащее уран, на фотопластинку, обернутую черной бумагой; после проявления пластинки на ней был виден отпечаток, подобный тому, какой получается под действием света. Дальнейшие опыты как с чистым ураном, так и с различными его соединениями показали, что отпечаток получается от неизвестных до того времени лучей урана, которые проходят сквозь бумагу.

Лучами урана заинтересовалась Мария Кюри-Склодовская*, тогда еще никому не известный физик. Прежде всего Мария Кюри решила выяснить, есть ли в природе другие элементы, обладающие свойством испускать, как уран, невидимые лучи. Такое свойство вскоре было обнаружено еще у тория.

Обнаруженное свойство, проявляемое ураном и торием, по предложению Марии Кюри стали называть радиоактивностью, а элементы, обладающие этим свойством, — радиоактивными. Название произошло от латинского слова «радиус», что означает луч. Поэтому можно сказать, что радиоактивные вещества — это лучеиспускающие вещества.

Изучением радиоактивности занялся также муж Марии

---

* В последующие годы Мария Кюри-Склодовская стала дважды лауреатом Нобелевской премии: в 1903 г. — по физике, в 1911 г. — по химии.

Кюри-Склодовской — Пьер Кюри, исследовавший до этого магнитные явления.

Работами супругов Кюри было доказано, что испускание лучей радиоактивными веществами происходит самопроизвольно. Кусочек урана, например, можно как угодно нагревать и охлаждать, помещать на свет и в темноту, пропускать через него электрический ток — и ничто не оказывает на радиоактивность никакого эффекта, интенсивность излучения остается неизменной. Человек, таким образом, не в состоянии ускорить или замедлить процесс лучеиспускания.

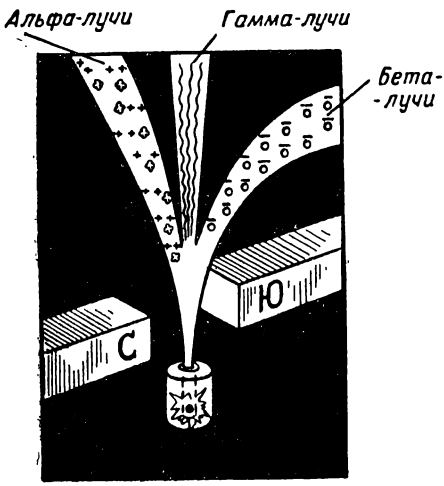

Рис. 1. Распад излучения радия в магнитном поле

В исследовании явления радиоактивности впоследствии приняли участие многие ученые, в том числе выдающийся английский физик Резерфорд.

Резерфорд проделал интересный опыт. Небольшое количество вещества, содержащего радий, он поместил в свинцовый цилиндр так, что лучи радия могли свободно выходить узким пучком только вверх. (рис. 1). Этот пучок лучей был пропущен между полюсами сильного магнита. Оказалось, что под действием магнитного поля пучок распадается на три части: одна часть отклоняется влево, другая — вправо, а третья сохраняет направление первоначального движения. Тогда уже было известно, что в магнитном поле изменяют направление движения только частицы, несущие электрический заряд. Составные части исследуемого излучения Резерфорд назвал по трем первым буквам греческого алфавита: лучи, отклоняющиеся, как положительно заряженные частицы, — альфа-лучами; лучи, ведущие себя, как поток отрицательно заряженных частиц, — бета-лучами; лучи, идущие без отклонений, — гамма-лучами.

Что представляют собой альфа- и бета-лучи? Почему

магнит не влияет на распространение гамма-лучей? Что происходит с атомами, которые испускают альфа-, бета- и гамма-лучи? На эти и ряд других вопросов можно ответить, лишь познакомившись со строением атома.

Строение атома

Еще до открытия радиоактивности ученые знали, что любой атом состоит из ядра и окружающей его оболочки, в которой движутся электроны. Было известно также, что электрон — это мельчайшая заряженная отрицательным электричеством частица, а в ядре атома имеются довольно тяжелые частицы — протоны, которые обладают положительным электрическим зарядом, равным по величине заряду электрона; масса протона в 1838 раз больше массы электрона. В обычном (нормальном) состоянии атом электрически нейтрален, а это значит, что общий отрицательный заряд электронов в оболочке атома уравновешивается положительным зарядом атомного ядра. Таким образом, нетрудно сделать вывод о том, что в атоме число электронов равно числу протонов.

В 1932 г. была открыта новая ядерная частица, не имеющая электрического заряда, т. е. нейтральная, и названная поэтому нейтроном. Масса нейтрона приблизительно равна массе протона. С открытием нейтрона было высказано предположение о том, что ядра атомов состоят из протонов и нейтронов. В настоящее время протоно-нейтронная теория строения атомных ядер является общепринятой.

В развитии представлений о строении атома большую роль сыграла периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Как известно, в этой системе все химические элементы расположены в определенном порядке. Номер того места, которое занимает элемент в периодической системе, т. е. его порядковый номер, или, как его чаще называют, атомный номер, в точности равен количеству электронов в атоме. Следовательно, число протонов в ядре также равно атомному номеру.

Весьма важной характеристикой атома является также общее число протонов и нейтронов в ядре, называемое массовым числом.

Количество нейтронов в атомных ядрах одного и того же элемента может быть неодинаково. Атомы, имеющие разные массы за счет разного числа нейтронов при одина-

ковом заряде (одинаковом числе протонов), называют изотопами данного химического элемента. Слово «изотоп» происходит от греческих слов «изос» — равный и «топос» — место. Значит, изотопы — это атомы, занимающие в периодической системе Менделеева одинаковое место; атомный номер у них одинаковый, а массовое число разное.

В настоящее время известны 103 химических элемента, а изотопов более 1000, причем большая часть изотопов получена искусственным путем.

Приведем некоторые примеры изотопов. Химически чистое железо состоит из изотопов с массовыми числами: 54 (5,81%), 56 (91,64%), 57 (2,21%) и 58 (0,34%); искусственным путем можно получить еще пять изотопов железа с массовыми числами 52, 53, 55, 59 и 60. Природный алюминий состоит из одного изотопа, а искусственно получено пять изотопов. Знакомое всем олово содержит десять изотопов, и, кроме того, девять изотопов его получены искусственно. Специальными методами изотопы можно разделить и исследовать; химические свойства у изотопов, как и следовало ожидать, одинаковы, а физические (удельный вес, температура плавления и др.) немного различаются.

Изотопы бывают стабильные и радиоактивные. Радиоактивные изотопы отличаются от стабильных особыми ядерными свойствами, в остальном они ведут себя так же, как и стабильные изотопы. Так, к примеру, если атом стабильного натрия, соединяясь с атомом хлора, дает молекулу поваренной соли, то в результате реакции между радиоактивным натрием и хлором получится опять-таки поваренная соль.

Чтобы знать, о каком изотопе того или иного химического элемента идет речь, принято при написании элемента указывать массовое число изотопа, например железо-54, алюминий-27, калий-40, уран-235.

Естественная радиоактивность

Химические элементы, существующие в природе и претерпевающие самопроизвольный радиоактивный распад, называют естественными радиоактивными элементами.

Уже в первые годы исследования радиоактивности было установлено, что в пробирке с радием накапливается радиоактивный газ — радон. Когда радон отделяли, то обна-

руживался еще один газ, но нерадиоактивный, — гелий. Это явление навело на мысль, что атомы радиоактивных элементов, испуская невидимые лучи, претерпевают распад и превращаются в атомы других элементов.

Дальнейшие опыты показали, что альфа-лучи, испускаемые радиоактивными веществами, представляют собой поток альфа-частиц, которые по своему составу одинаковы с ядрами атомов гелия. При движении в воздухе или какой-либо другой среде (в воде, дереве, железе) альфа-частицы сталкиваются с атомами, скорость их движения становится все меньше и меньше, в конце концов они присоединяют к себе по два электрона и становятся атомами гелия.

Что касается бета-лучей, то они не что иное, как поток электронов или позитронов, образующихся в атомном ядре в результате взаимных превращений протонов и нейтронов. Причем превращение нейтрона в протон сопровождается излучением электрона, превращение протона в нейтрон — излучением позитрона.

Очень часто при выбрасывании альфа- или бета-частицы ядро испускает еще и гамма-лучи. Гамма-лучи представляют собой поток квантов (порций) электромагнитного излучения, напоминающего рентгеновское излучение.

Для работающих с радиоактивными веществами гамма-лучи создают значительные трудности, так как легко проходят через различные преграды; проходя через стальной лист толщиной 1 *см*, гамма-лучи, например, радия ослабляются всего лишь в два раза. Альфа-частицы можно задержать листом бумаги или металлической фольгой толщиной 0,01 *мм*; для поглощения бета-частиц достаточно 1 *мм* железа.

Радиоактивные вещества распадаются с различной скоростью: у одних превращение заканчивается за несколько секунд, у других продолжается миллиарды лет. Время, в течение которого распадается половина всех атомов данного радиоактивного вещества, называют *периодом полураспада*. У используемого в ядерных зарядах урана-235 период полураспада составляет 713 млн. лет; этот уран распадается так медленно, что убыль его (т. е. появление других атомов) можно обнаружить только специальными приборами. А вот у радона период полураспада всего лишь 3,8 дня.

Естественные радиоактивные элементы существуют на протяжении всей истории Земли, они входят в состав жи-

вых организмов как растительного, так и животного происхождения, содержатся в почвах, в природных водах и в воздухе. Естественная радиоактивность сопутствует развитию жизни.

Искусственная радиоактивность

В 1919 г. Резерфорду удалось искусственным путем превратить атомы одного химического элемента в атомы другого. Однако радиоактивные изотопы были получены значительно позднее, лишь в 1934 г. Фредерику Жолио-Кюри вместе с женой Ирен удалось решить эту проблему.

В одном из опытов супруги Жолио-Кюри направили поток альфа-частиц на алюминиевую пластинку. После опыта пластинка испускала бета-лучи, что указывало на образование в ней каких-то радиоактивных атомов. Это были атомы фосфора-30; распадаясь, они выбрасывали бета-частицы и превращались в атомы изотопа кремния.

Но бомбардировка атомных ядер альфа-частицами малоэффективна: из сотен тысяч и даже миллионов альфа-частиц лишь одна попадает в ядро. Гораздо успешнее ядерные реакции протекают под воздействием нейтронов. Метод получения радиоактивных изотопов в результате действия нейтронов на различные химические элементы является основным методом получения искусственных радиоактивных веществ.

О промышленном производстве радиоактивных изотопов вопрос был решен в конце 1942 г. после создания атомного реактора. В реакторе происходит непрерывное высвобождение энергии в результате деления ядер урана. На каждый киловатт мощности приходится 30000 млрд. делений, так что в реакторе мощностью, скажем, 100000 *квт* каждую секунду расщепляется $3 \cdot 10^{18}$ ядер атомов. При каждом расщеплении выделяются два — три нейтрона. Следовательно, в реакторе, где идет процесс деления ядер, поток нейтронов достигает огромной величины. Если этими нейтронами воздействовать на какое-либо вещество, то в нем появятся радиоактивные атомы. Таким путем можно получить большое количество различных радиоактивных изотопов.

На рис. 2 схематически показан разрез реактора, предназначенного для получения радиоактивных изотопов. В специальные каналы, сделанные в различных местах реактора, загружают подлежащие облучению материалы: металл в виде проволоки или небольших брусочков, раст-

воры в герметически запаянных ампулах. Материал облучают от нескольких часов до нескольких месяцев.

Способ получения радиоактивных изотопов путем облучения стабильных образцов в реакторе характеризуется высокой производительностью, несложной технологией и

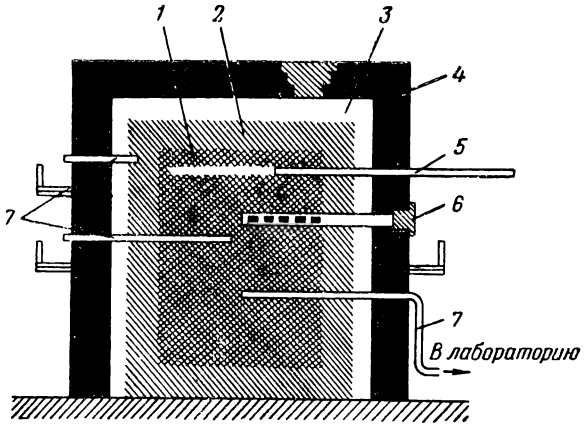

Рис. 2. Схема ядерного реактора, предназначенного для получения изотопов:
1 — активная зона; *2* — отражатель; *3* — охладитель; *4* — бетонная защита; *5* — управляющий стержень; *6* — канал с облучаемыми образцами; *7* — пневмоканалы для подачи облученных образцов в лабораторию

относительно низкой стоимостью. Однако не все радиоактивные изотопы могут быть получены этим способом. Для получения радиоактивных изотопов используют также продукты деления урана, которых во время работы реактора накапливается большое количество. Ядро урана под действием нейтрона расщепляется на два новых ядра (их часто называют осколками), являющихся ядрами радиоактивных изотопов более легких элементов: бария, стронция, криптона, циркония, йода и др. В небольшом количестве радиоактивные изотопы могут быть получены, кроме того, при помощи различных лабораторных установок, например циклотрона.

В России работы по получению радиоактивных веществ были начаты в 1910 г. выдающимся ученым-геохимиком и минералогом В. А. Вернадским. Следует заметить, что Вернадский еще в 1911 г. предвидел широкое использование в будущем энергии радиоактивного распада.

В науку о радиоактивных веществах и радиоактивных превращениях крупный вклад внесли многие советские ученые. В частности, под руководством радиохимика В. Г. Хлопина в 1918—1921 гг. в Советской России был построен радиевый завод и получены первые препараты радия, обеспечивавшие дальнейшее развитие у нас работ по радиоактивности. Закон Хлопина лежит в основе одного из методов выделения очень малых количеств радиоактивных изотопов, что особенно важно при исследовании новых изотопов, получаемых путем ядерных реакций в ничтожно малых количествах.

Измерение радиоактивных веществ

Количество радиоактивного вещества принято характеризовать его активностью. Единицей активности является *кюри,* названная так в честь Марии и Пьера Кюри. Часто используются более мелкие единицы: *милликюри,* равная 0,001 *кюри*, и *микрокюри*, равная 0,000001 *кюри.*

Активностью в 1 *кюри* обладает 1 *г* чистого радия. Исследования показали, что в 1 *г* радия распадается ежесекундно 37 млрд. атомов. В связи с этим единице *кюри* было дано следующее определение: кюри есть такое количество радиоактивного вещества, в котором каждую секунду распадается 37 млрд. атомов.

Когда говорят о величине активности, то всегда указывают время ее измерения, так как вследствие радиоактивного распада активность изотопа непрерывно уменьшается. Приведем пример.

Лаборатория получила 2 *милликюри* фосфора-32, у которого период полураспада равен 14 дням. Какое количество бета-частиц будет давать этот изотоп спустя 2 месяца?

Прежде всего определим уменьшение активности. В двух месяцах содержится приблизительно четыре периода полураспада фосфора-32, следовательно, активность изотопа четыре раза будет уменьшаться вдвое, т. е. снизится в 16 раз, и через 2 месяца окажется равной $2 : 16 = 0{,}125$ *милликюри,* или 0,000125 *кюри.*

Каждый распадающийся атом фосфора-32 выбрасывает одну бета-частицу, так что количество частиц, испускаемых изотопом, равно числу распадов. Следовательно, изотоп с активностью 0,000125 *кюри* будет давать $0{,}000125 \cdot 3{,}7 \times 10^{10} = 4{,}6$ млн. бета-частиц в секунду.

Радиоактивные излучения — альфа-частицы, бета-частицы и гамма-кванты — уносят часть энергии, имеющейся в атомных ядрах. Энергию в атомной физике измеряют специальными единицами — электронвольтами (*эв*), так как измерять энергию, например бета-частицы, в килограммометрах или калориях неудобно — получаются чрезвычайно малые числа. Миллион электронвольт называют мегаэлектронвольтом и обозначают *Мэв*. Один миллиард *Мэв* равен 0,000038 *кал*. В атомном мире электронвольт совсем не малая величина: электрон, имеющий энергию в 1 *эв*, движется со скоростью около 600 *км/сек*.

Излучения, обладающие большой энергией, лучше проходят через преграды. Например, изотоп серы-35 испускает бета-частицы с энергией 0,17 *Мэв*, а фосфора-32 — с энергией 1,7 *Мэв*. Первые проходят через пластинку алюминия толщиной 0,13 *мм*, а вторые — 3 *мм*. Следовательно, проникающая способность бета-частиц фосфора-32 в 23 раза выше проникающей способности бета-частиц серы-35.

Основным методом обнаружения и измерения радиоактивных излучений, особенно в полевых условиях, является метод, основанный на ионизации газа. Альфа-частицы, бета-частицы и гамма-лучи, сталкиваясь с молекулами газа, срывают с них по одному или по нескольку электронов. Образовавшиеся в результате этого (ионизации) ионы — оторванные от молекул газа электроны и положительно заряженные остатки молекул газа — могут быть зарегистрированы и по ним можно судить о величине радиоактивного излучения.

В приборах, предназначенных для измерения радиоактивных излучений и называемых дозиметрическими, приемниками излучений (детекторами) служат ионизационные камеры и газоразрядные счетчики. В замкнутом газовом объеме этих детекторов под действием излучений происходит ионизация газа. Количество ионов, образующихся в детекторе, зависит от вида и интенсивности излучения. При присоединении к прибору источников питания между электродами детекторов создается электрическое поле, в котором ионы, образованные в результате воздействия радиоактивного излучения, приобретают направленное движение: положительные ионы — к отрицательному электроду, или к катоду, отрицательные ионы — к положительному электроду, или к аноду. В результате в цепи прибора возникнет ионизационный ток, который будет

тем больше, чем сильнее радиоактивное излучение. По току и судят о величине радиоактивного излучения.

Ионизационные камеры и газоразрядные счетчики работают под разным по величине напряжением: ионизационные камеры — в режиме насыщения, газоразрядные счетчики — в режиме газового разряда. Это и определяет их различные конструкции и различное использование.

При помощи приборов, снабженных ионизационными камерами, удается измерить дозу радиоактивного излучения, полученную в единицу времени, т. е. мощность дозы, за единицу которой обычно принимается рентген в час (*р/час*). Приборы, измеряющие мощность дозы, называют рентгенметрами. В народном хозяйстве ионизационные камеры широко применяются в приборах контроля технологических процессов.

Газоразрядные счетчики устанавливаются в более чувствительных, чем рентгенметры, приборах; с их помощью можно регистрировать очень малую мощность дозы излучения и даже отдельные частицы.

Газоразрядные счетчики используются прежде всего в радиометрах — приборах, предназначенных для определения степени зараженности радиоактивными веществами людей, животных, обмундирования, снаряжения, воды, продовольствия, поверхностей различных предметов и сооружений; они, кроме того, используются в приборах для разведки радиоактивных руд, в регуляторах уровня жидкого металла, в измерителях влажности почвы и т. д.

В последние годы разработаны и освоены промышленностью так называемые сцинтилляционные счетчики, в десятки раз более чувствительные к гамма-излучению, чем газоразрядные счетчики. Сцинтилляционные счетчики широко используются при геологической разведке, а также в некоторых образцах лабораторных приборов и приборов контроля.

Биологическое действие радиоактивных излучений

Биологическое действие лучей урана и радия, как и само явление радиоактивности, было обнаружено случайно. Однажды Беккерель положил в карман стеклянную трубочку с небольшим количеством радия и не вынимал несколько часов. Через некоторое время ученый почувствовал сильное недомогание, пришлось обратиться к врачу. При осмотре Беккереля в том месте, которое находилось

против трубки с радием, врач обнаружил покраснение кожи. Было высказано предположение, что покраснение кожи, а также плохое самочувствие ученого связано с действием радиоактивного вещества.

Первым, кто сознательно проверил на себе действие радиоактивных излучений, был Пьер Кюри. Желая исследовать биологическое действие радиоактивного вещества, он в течение 10 часов держал руку перед радиевым препаратом. В результате облучения через 20 дней на руке ученого образовалась язва, для лечения которой потребовалось более двух месяцев.

В дальнейшем, однако, выяснилось, что лучи радия могут оказывать и полезное действие, если их правильно использовать.

При работе с радиоактивными веществами возможны два вида действия излучений на человека: при попадании радиоактивных веществ внутрь организма (внутреннее облучение) или на кожу и при отсутствии непосредственного контакта с радиоактивными веществами (внешнее облучение). Когда человек применяет средства защиты, т. е. изолирован от радиоактивных веществ, то на кожу и в организм эти вещества не попадают, поражение может быть вследствие внешнего облучения в основном гамма-лучами, которые обладают большой проникающей способностью. Внешнее действие бета- и особенно альфа-лучей малоопасно, так как они хорошо поглощаются различными преградами.

Для измерения дозы гамма-излучения (а также рентгеновских лучей) введена специальная единица — р е н т г е н (*р*), названная так в честь известного немецкого ученого В. К. Рентгена. При оценке биологического действия радиации часто пользуются, кроме того, единицей *бэр* (начальные буквы биологического эквивалента рентгена), применимой для любого вида излучений. Под единицей *бэр* понимают такое количество любой радиации, которое производит в живых тканях то же биологическое действие, что и один рентген гамма-лучей.

Биологическое действие радиоактивных излучений связано с их способностью ионизировать атомы и молекулы клеток живой ткани. Одновременно с ионизацией происходит разрыв химических связей в сложных молекулах. Болезнь, возникающая при интенсивном воздействии радиоактивных излучений на человека, получила название л у ч е в о й б о л е з н и.

Тяжесть лучевого заболевания зависит прежде всего от дозы излучения. Большое значение при этом имеют общее состояние здоровья облученного, индивидуальная чувствительность к излучениям, как будет получена доза — в течение длительного времени или кратковременно, при одном облучении или при нескольких. Следует иметь в виду и характер облучения: будет ли доза радиации воспринята всем организмом или каким-либо одним органом.

Радиоактивное облучение может быть острым и хроническим. Острое облучение наблюдается при действии радиоактивных излучений на организм в течение короткого периода времени — примерно от нескольких секунд до суток, а хроническое — при продолжительном действии излучений, например в течение нескольких лет.

В результате острого облучения дозой до 50 *р* заметных изменений в организме не наблюдается — могут быть лишь незначительные изменения в крови, которые, однако, быстро проходят. При остром облучении дозами в пределах 50—100 *р* возможны отдельные случаи заболевания лучевой болезнью; при более сильном облучении лучевая болезнь развивается, как правило, во всех случаях.

Хроническому облучению могут подвергаться люди, работающие в атомной промышленности, сотрудники рентгенологических и радиологических лабораторий и др. В правилах работы с радиоактивными веществами, которые разрабатываются с учетом накопленного опыта применения радиоактивных веществ и источников излучения в народном хозяйстве, указываются предельно допустимые дозы внешнего облучения (концентрации радиоактивных веществ в воздухе, воде и на поверхности различных предметов*), которые человек может получать ежедневно в течение длительного времени без каких-либо вредных последствий.

В настоящее время во многих странах проводятся большие исследования по изысканию средств, ослабляющих вредное действие излучений на человека. Обнаружен ряд веществ, которые обладают достаточно сильным профилактическим эффектом, однако для окончательных выводов об использовании тех или иных препаратов пока еще недостаточно данных.

---

* Подробнее об этом смотри «Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений». Медгиз, 1960.

Глава вторая

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В мирном использовании энергии атомного ядра можно наметить два основных направления: атомную энергетику и применение радиоактивных веществ (изотопов).

Атомная энергетика — это прежде всего различные электростанции и суда, работающие на атомном топливе. Применение атомной энергии здесь связано с большими расходами, которые окупаются сравнительно медленно.

Использование радиоактивных изотопов не требует больших капиталовложений, оно уже сегодня приносит прибыли. По данным Института экономики Академии наук СССР, ежегодный экономический эффект в народном хозяйстве от применения радиоактивных изотопов составляет более 200 млн. руб. Наибольшую экономию народное хозяйство получает от применения радиоактивных веществ в дефектоскопии, при контроле и автоматизации различных технологических процессов, в научных исследованиях.

Рассмотрим некоторые пути использования радиоактивных веществ в народном хозяйстве.

Метод меченых атомов

Метка как средство научного исследования применяется очень давно. Многие из читателей знают, как кольцуют птиц: на ногу птицы надевают кольцо, на котором записано, где и когда произведено кольцевание. С помощью таких очень простых меток удается установить маршруты и скорость перелета различных птиц на зимовку, места гнездовья и ряд других вопросов.

Но как, например, проследить движение в организме химических элементов, которые принимает человек вместе

с водой и пищей? Как определить время, в течение которого растения усваивают внесенные в почву удобрения? Как исследовать износ какой-либо детали машины во время ее работы? Здесь и в подобных случаях кольцевания не применишь. На помощь приходит так называемый метод меченых атомов.

В методе меченых атомов очень хорошей меткой являются радиоактивные изотопы. Радиоактивные изотопы легко обнаруживают свое присутствие по тому излучению, которое непрерывно испускают. Следует заметить — для метода меченых атомов это очень важно, — что радиоактивные и стабильные атомы одного и того же элемента ведут себя совершенно одинаково в большинстве физико-химических процессов. Например, поваренную соль, в которой атомы натрия радиоактивны, организм усваивает точно так же, как и обычную соль. Правда, при этом радиоактивность не должна быть слишком большой, иначе будет сказываться биологическое действие излучения.

Рассмотрим несколько конкретных примеров, показывающих сущность метода меченых атомов.

Использование меченых атомов в металлургии. Давно известно, что огнеупорная футеровка доменных печей со временем разрушается и это может быть причиной выхода печи из строя. Во избежание этого футеровку периодически исследуют, останавливая доменный процесс; если футеровка начала разрушаться, ее немедленно обновляют.

Закономерен вопрос, нельзя ли следить за состоянием футеровки, не прекращая работу печи? Оказывается, можно. В этом помогают радиоактивные изотопы. В состав огнеупорных материалов вводят радиоактивный изотоп, обычно кобальт-60; после этого непрерывно измеряют интенсивность гамма-излучения снаружи печи. При разрушении футеровки интенсивность излучения уменьшается и печь может быть своевременно остановлена.

Вместо того чтобы метить равномерно всю футеровку, можно вводить ампулы с радиоактивным кобальтом в определенные ее участки на заданную глубину. После износа футеровки ампулы обнажаются; это можно заметить благодаря тому, что сама продукция плавки, например чугун, становится радиоактивной.

В настоящее время контроль за разгаром огнеупорной футеровки доменных печей с помощью радиоактивных изотопов осуществляется почти на всех доменных печах.

Такой контроль позволил ликвидировать аварии доменных печей из-за разрушения футеровки, этот метод сокращает непроизводительные простои оборудования и безвозвратные потери чугуна.

Контроль за износом деталей. Большое практическое значение имеет контроль износа деталей в двигателях. Особенно важно это для сельского хозяйства, где работают сотни тысяч тракторов и автомашин, причем во многих случаях работают в чрезвычайно трудных условиях.

Обычно после некоторого периода работы двигателя его останавливают и измеряют вес и размеры соответствующих деталей, таким образом определяют износ их. Этот метод имеет два существенных недостатка: во-первых, для получения результатов требуется довольно длительный период работы двигателя; во-вторых, при каждом измерении двигатель приходится разбирать и чистить, а после измерений вновь собирать. Метод, основанный на использовании радиоактивных изотопов, свободен от указанных недостатков.

Рассмотрим использование радиоактивных изотопов для контроля за состоянием поршневых колец, от износа которых зависит коэффициент полезного действия двигателя и срок его службы.

Радиоактивность в поршневых кольцах обычно создают путем облучения их в ядерном реакторе. Иногда используют заранее подобранный радиоактивный изотоп, например кусочки проволоки из кобальта-60, вводя их в выточки на цилиндрической поверхности кольца. При работе двигателя частички металла отрываются от кольца и попадают в смазочное масло. По величине радиоактивности масла можно очень точно определить степень износа поршневого кольца.

Вначале этот метод применялся для непрерывных измерений износа колец в двигателях, работающих в лаборатории на испытательном стенде (рис. 3). В дальнейшем его стали применять на двигателях автомобилей и тракторов, работающих в полевых условиях. Износ поршневых колец контролируется при различных топливах и смазках, при изменении режима работы двигателя, скорости и т. п.

Радиоактивные изотопы успешно используются также для контроля износа режущего инструмента в процессе его работы. По сравнению с измерениями микрометром метод, основанный на использовании радиоактивных изо-

топов, сокращает время более чем в 50 раз, при этом повышается точность результатов измерений.

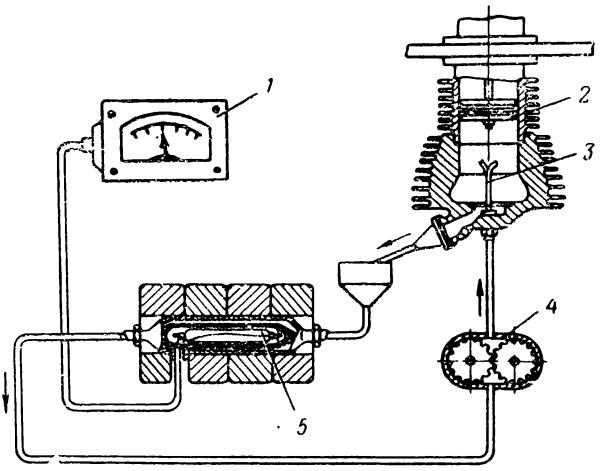

Рис. 3. Схема установки для изучения износа поршневых колец двигателей:
1 — измерительный прибор; *2* — поршень с радиоактивным кольцом; *3* — маслопровод; *4* — насос; *5* — счетчик

Использование меченых атомов в строительстве. В строительстве метод меченых атомов широко применяется прежде всего при изучении процессов движения различных материалов, растворов и жидкостей по трубопроводам. Например, на строительстве Волгоградской гидроэлектростанции скорость перемещения бетонной массы по стальному трубопроводу определялась с помощью кобальта-60. Для этого изотоп в виде кусочка проволоки активностью 0,6—0,15 *милликюри* заделывали в отверстие, просверленное в щебенке; по скорости движения в трубе меченых щебенок, введенных в бетонную массу, определяли скорость ее движения.

Среди средств, ускоряющих и облегчающих тяжелые и трудоемкие работы при строительстве, широко применяются взрывчатые вещества. С помощью взрыва почти мгновенно можно выбросить огромные массы грунта и получить выемку для прокладки дороги или канала, котлован для устройства фундамента какого-либо большого сооружения, открыть доступ к полезным ископаемым, залегающим не очень глубоко. Однако грунт при взрыве

разбрасывается на большие расстояния и может вызвать повреждения находящихся поблизости сооружений. Это особенно проявляется при взрывах в прочной скальной породе.

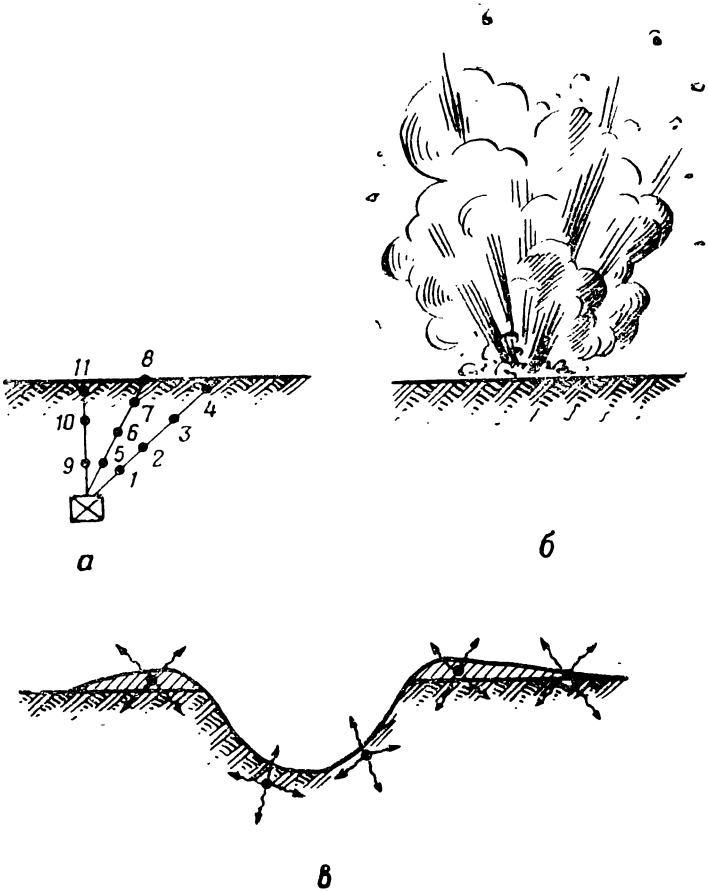

Рис. 4. Исследование выброса грунта при взрыве методом радиоактивных индикаторов:
а — схема размещения радиоактивных индикаторов; *б* — выброс грунта; *в* — воронка и навал, образовавшиеся в результате взрыва

Для исследования распределения грунта, выбрасываемого при взрывах, применяют метод радиоактивных меток — индикаторов. Делается это так (рис. 4). Берут не-

большие алюминиевые ампулы (объемом меньше 1 $см^3$), нумеруют их и заполняют гамма-активным изотопом. Перед взрывом ампулы в определенном порядке вводят в грунт по узким скважинам в одном вертикальном сечении. После взрыва метки обнаруживают при помощи радиометра и по расположению их судят о распределении выброшенного грунта, что учитывают при взрывах в расположении сооружений.

Изотопы помогают исследовать организм человека. Серьезные и весьма сложные исследования выполнены с помощью радиоактивных изотопов, вводимых в ничтожных количествах в организм человека.

Известно, например, что фосфор входит в состав белков, а также некоторых жиров и соединений, участвующих в образовании и распаде углеводов. Чтобы проследить путь фосфора в организме, используют его радиоактивный изотоп — фосфор-32. Атомы этого изотопа вводят в молекулы какого-либо фосфорного соединения, например фосфата натрия. Будучи введенным в вену, радиоактивный фосфор быстро исчезает из крови, так как его усваивают наравне с обычным фосфором различные ткани и клетки. Большая часть фосфора откладывается в костях и костном мозгу, меньшая часть — в печени и селезенке. Изотоп фосфора очень быстро проникает в состав белых и красных кровяных телец и интенсивно поглощается различными опухолями.

Чтобы определить, где и в каком количестве содержится фосфор, берут пробы крови или тканей и с помощью счетчика измеряют их радиоактивность. Поскольку известно общее количество введенного радиоактивного изотопа, то по данным измерений можно подсчитать, какая его часть содержится в исследуемом органе.

Таким же путем ученые исследуют «поведение» в организме железа, кальция, углерода и других химических элементов.

Гамма-дефектоскопия

Повышению качества выпускаемой в народном хозяйстве продукции уделяется очень большое внимание. Решение этой проблемы в значительной мере зависит от организации надежного контроля за качеством металла, полуфабрикатов, готовых изделий и конструкций.

Одним из эффективных методов контроля качества продукции является применение радиоактивных изотопов с целью выявления дефектов при просвечивании изделий и металлов гамма-лучами. Этот метод контроля получил название гамма-дефектоскопии, а соответствующие установки стали называть гамма-дефектоскопами. Для гамма-дефектоскопии в народном хозяйстве применяется более 2000 установок, из них более половины используется в машиностроении.

Для просвечивания металла издавна используются рентгеновские лучи, однако гамма-дефектоскопия во многих случаях является более удобной и выгодной. Аппараты с радиоактивными изотопами могут работать без электричества, что особенно важно для полевых условий (например, при контроле сварных швов во время прокладки трубопроводов), они менее громоздки, их легче перевозить и проще обслуживать. Малые размеры гамма-дефектоскопов дают возможность просвечивать участки, труднодоступные или вовсе недоступные для рентгеновских установок. Многие сварные швы сложной конфигурации могут контролироваться только при помощи гамма-лучей.

Радиоактивные изотопы, применяемые в гамма-дефектоскопии, должны иметь большой период полураспада и необходимую энергию излучений. Для просвечивания деталей, отличающихся толщиной и плотностью, используют набор изотопов, дающих гамма-лучи с различной энергией. В настоящее время для дефектоскопии металлов в основном применяют радиоактивные изотопы кобальта, иридия, цезия и тулия.

Установки для размещения гамма-активных изотопов могут быть различными. На рис. 5 показан гамма-дефектоскоп ГУП-Со-50 (гамма-установка для промышленности с кобальтом, активность которого эквивалентна 50 *г* радия). До работы изотоп в целях безопасности помещается в основном защитном кожухе; при просвечивании он с помощью дистанционного управления переводится в рабочее положение.

К настоящему времени разработано несколько методов дефектоскопии. Наиболее распространен фоторадиографический метод.

Изменение интенсивности гамма-лучей при прохождении через просвечиваемую деталь при фоторадиографическом контроле регистрируется с помощью пленки. Обычно

используется рентгеновская пленка. Схема просвечивания сварного шва и внешний вид установки для просвечивания сварной сферической детали показаны на рис. 6. В местах против трещин и раковин на пленке появляется более сильное почернение. Гамма-снимки сварных швов позво-

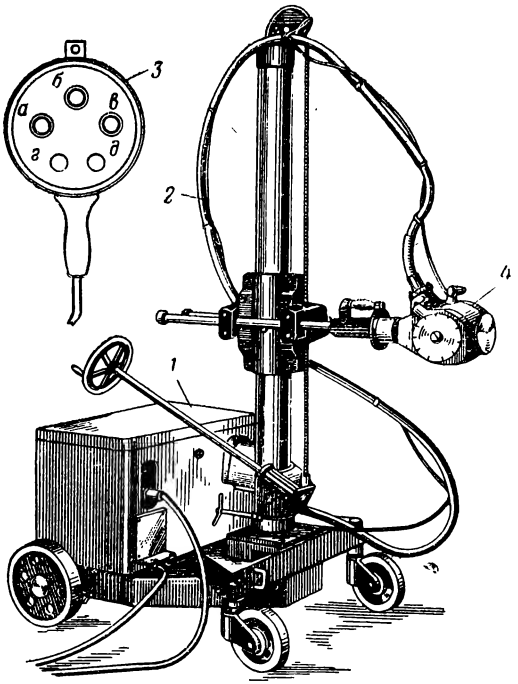

Рис. 5. Гамма-установка для промышленного просвечивания ГУП-Со-50:

1 — основной защитный кожух для хранения изотопа в нерабочем положении; *2* — шланг; *3* — электрический пульт управления с сигнальными лампочками (*а* — «Хранение»; *б* — «Перемещение»; *в* — «Работа») и кнопками (*г* — «Хранение»; *д* — «Работа»); *4* — рабочий защитный кожух

ляют выявить такие часто встречающиеся дефекты, как поры, непровар и трещины.

Для проверки качества сварных швов метод гамма-дефектоскопии применяют заводы Адмиралтейский и Рижский судоремонтный, Ленинградский завод «Русский дизель», Таганрогский завод «Красный котельщик», ТЭЦ Мосэнерго и ряд других предприятий.

Об экономической эффективности этого метода дают представление следующие данные. Как показала практика, при проверке сварных швов на 1 *км* строящегося газопровода фоторадиографирование дает экономию примерно 10 руб. по сравнению с методом механических испытаний вырезанного образца сварного шва. В текущей семилетке

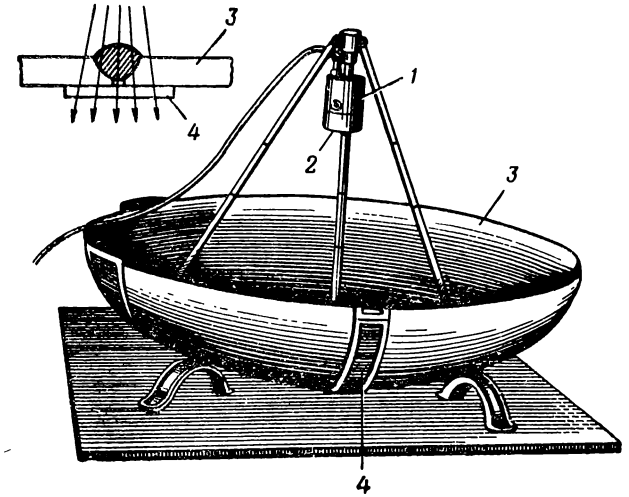

Рис. 6. Просвечивание сварного шва сферической сварной детали (вверху слева показана схема просвечивания):
1 — контейнер с механизмом для передвижения изотопов; *2* — изотоп; *3* — сварная деталь; *4* — кассета с пленкой

в нашей стране будет построено около 50000 *км* различных трубопроводов. Экономисты считают, что экономия от использования радиоизотопов для проверки качества сварных швов может превысить 0,4 млн. руб.

Метод фоторадиографии неудобен тем, что требует много времени на экспозицию и обработку пленки, а также связан с большим расходом пленки. Эти недостатки отсутствуют в других методах гамма-контроля: ионизационном, ксерографическом и телевизионном. Однако два последних метода находятся пока в стадии разработки.

Ионизационный метод дает возможность осуществлять гамма-дефектоскопию в поточном производстве и в системе автоматического управления и регулирования. Гамма-дефектоскоп со сцинтилляционным счетчиком на заводе «Уралхиммаш» при просвечивании изделий толщи-

ной более 250 *мм* позволил увеличить производительность контроля более чем в 50 раз по сравнению с установкой ГУП-Со-50.

Метод гамма-дефектоскопии применяется на многих предприятиях судостроительной, металлургической, машиностроительной и химической промышленности. Однако этот метод не всегда выгоден. В стационарных условиях часто оказывается более производительной ультразвуковая или магнитная дефектоскопия, а также контроль рентгеновскими лучами.

Радиоактивные изотопы в приборах контроля и управления

Радиоактивные изотопы широко используются для измерения толщины материала в непрерывных технологических процессах. Особенно большое распространение получил контроль толщины стальной ленты в процессе ее прокатки.

Толщину проката обычно измеряют различного рода микрометрами (ручными, пневматическими или электрическими). Этими контактными приборами можно производить измерения только тогда когда прокатный стан остановлен или в крайнем случае когда скорость прокатки невелика. Приборы с радиоактивными изотопами, так называемые толщиномеры, определяют толщину ленты без контакта с ней и обеспечивают достаточно точное измерение толщины быстродвижущейся ленты. Применение таких приборов повышает производительность прокатных станов за счет увеличения скорости прокатки, снижает время контроля, уменьшает брак по толщине, поскольку заданная толщина выдерживается более точно.

На рис. 7 приведена схема бесконтактного измерения толщины материала. Известно, что поглощение бета-частиц и гамма-лучей зависит от толщины изделия: чем толще изделие, тем сильнее поглощение. Для измерения толстых изделий (стальной прокат, стенки труб, паровые котлы и др.) используют гамма-лучи, а с помощью бета-частиц определяют толщину фольги, бумаги, линолеума, пластмассы и прочих предметов толщиной не более нескольких миллиметров. Излучение, прошедшее через пластину, регистрируется счетчиком или ионизационной камерой, которые в свою очередь свя-

заны со стрелочным прибором. По положению стрелки можно судить о толщине выпускаемого изделия.

Прибор можно настроить так, чтобы стрелка стояла на нуле, когда идет прокат заданной толщины. Как только толщина увеличится или уменьшится, стрелка пойдет вправо или влево. Движение стрелки можно согласовать с механизмом валков и получить, таким образом, автоматическое регулирование толщины проката.

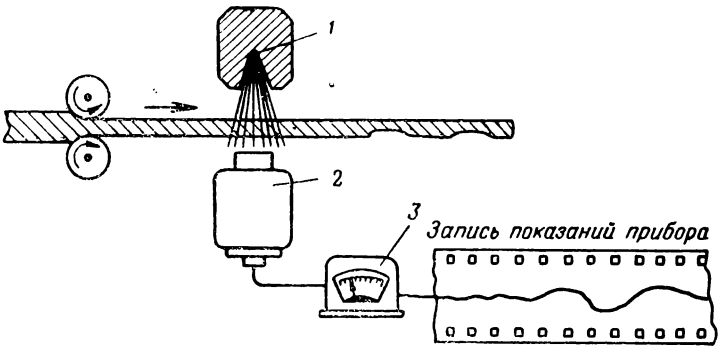

Рис. 7. Схема бесконтактного толщиномера с радиоактивным веществом:

1 — радиоактивное вещество; *2* — счетчик с усилителем; *3* — измерительный прибор

Радиоактивные толщиномеры в настоящее время применяют завод «Запорожсталь», Магнитогорский металлургический комбинат, завод «Красный выборжец» и др. По данным Института экономики Академии наук СССР, применение радиоактивных толщиномеров позволяет увеличить выпуск продукции за счет увеличения производительности станов и снизить брак продукции по толщине. Средняя величина экономии, приходящейся на один работавший в 1960 г. на заводе «Красный Выборжец» толщиномер, составила 38000 руб.

Приборы бесконтактного измерения используются также для контроля толщины антикоррозийного покрытия металла, например толщины слоя олова, наносимого на жесть. Известно, что белая, т. е. луженая, жесть широко используется в пищевой промышленности. В Советском Союзе ежегодно выпускаются миллиарды банок с различными консервами. Даже очень небольшой перерасход олова на каждой банке в сумме составит зна-

чительное количество этого металла. Однако нельзя допускать и пробелы в покрытии, так как жесть без олова начинает быстро ржаветь и консервы портятся.

Обычный контроль антикоррозийного покрытия металла занимает много времени и определяет среднюю толщину покрытия двух сторон. Бесконтактный радиоактивный прибор с большой точностью измеряет покрытие с каждой стороны; время измерения сокращается более чем

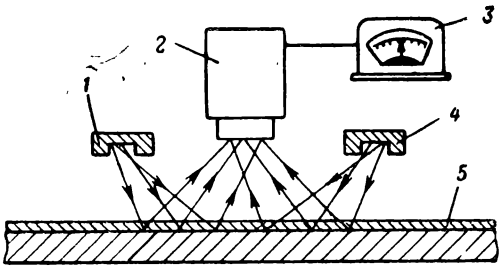

Рис. 8. Схема прибора для измерения толщины покрытия (используются отраженные бета-частицы):

1 — радиоактивное вещество; *2* — счетчик радиоактивности; *3* — измерительный прибор; *4* — защитный экран; *5* — покрытие

в три раза. Высокая точность измерений позволяет снизить допуск, что дает экономию материала покрытия. По ориентировочным подсчетам экономия олова на покрытиях банок, используемых в пищевой промышленности, может быть по стране на сумму не менее 1 млн. руб. в год.

Схема устройства и работы прибора для измерения толщины покрытия металлической ленты приведена на рис. 8. От радиоактивного изотопа лучи направляются на поверхность ленты. Отражаясь, часть лучей попадает на счетчик, расположенный с той же стороны ленты; от прямых лучей изотопа счетчик защищен свинцовым экраном. Количество отраженного излучения зависит от толщины и плотности вещества покрытия и самой ленты.

Приборы такого типа используются для измерения различных покрытий из металла, резины, пластмассы, краски, фоточувствительного слоя на пленке и т. д.

Для контроля размеров детали в процессе ее шлифования применяется прибор с исполь-

зованием альфа-частиц. Схема такого прибора показана на рис. 9.

Работает прибор следующим образом. При шлифовании, например, шлицев диаметр вала постепенно уменьшается, приближаясь к заданному размеру. Чем меньше размер вала (по шлицам), тем больше опускается изме-

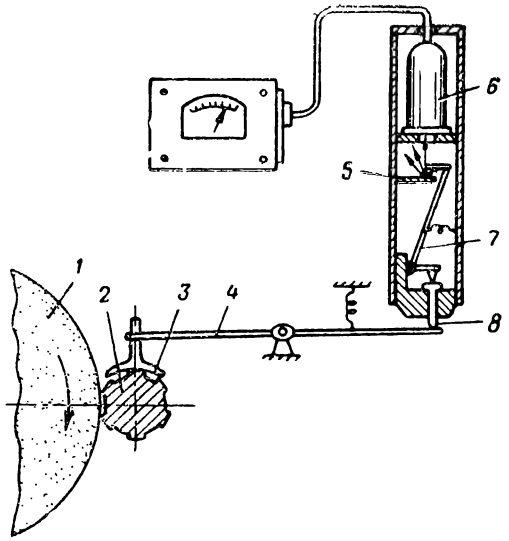

Рис. 9. Схема прибора с радиоактивным веществом для контроля обработки шлифованием:

1 — шлифовальный круг; *2* — обрабатываемый вал со шлицами; *3* — измерительная скоба; *4* — рычаг; *5* — источник альфа-частиц; *6* — счетчик альфа-частиц; *7* — угловой рычаг с заслонкой; *8* — шток

рительная скоба прибора. Связанный со скобой рычаг поднимает шток, который поворачивает угловой рычаг; при этом заслонка рычага перекрывает альфа-частицам доступ в счетчик, в результате чего на измерительный прибор поступает более слабый электрический ток и стрелка прибора изменяет свое положение. В выходную электрическую цепь счетчика можно включить сигнальную лампочку и механизм, управляющий работой шлифовального станка. Таким образом будет достигнут автоматический контроль процесса шлифования.

Контроль и регулирование расхода жидкости в некоторых технологических процессах часто весьма затруднены, особенно в тех случаях, когда жидкость находится в трубах или сосудах под большим давлением или нагрета до высоких температур, а также при работе с жидкостями, которые опасны для работающих (взрывоопасные, ядовитые и т. п.). На помощь приходят радиоактивные уровнемеры и расходомеры, широко применяемые в последнее время.

На рис. 10 показана схема радиоактивного уровнемера, предназначенного для измерения уровня жидкости в баке.

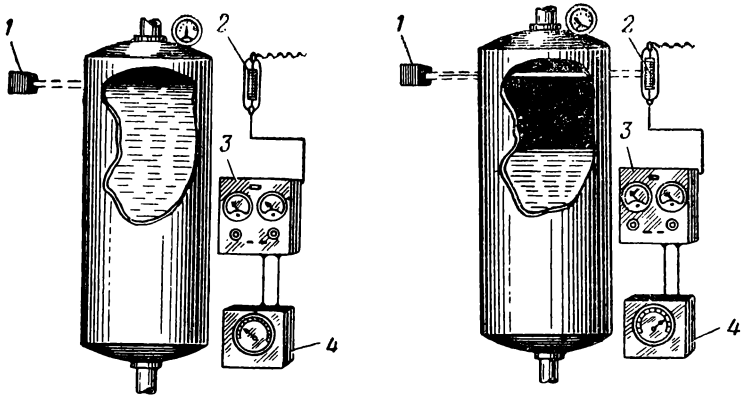

Рис. 10. Определение уровня жидкости в баке с помощью радиоактивного излучения:
1 — радиоактивный изотоп; *2* — счетчик; *3* — усилитель; *4* — измерительный прибор

На одной стенке бака помещается изотоп, обычно кобальт-60, а на противоположной — счетчик излучения. Если на пути гамма-лучей находится жидкость, которая их поглощает, то стрелка прибора не отклоняется. Но как только уровень жидкости станет ниже местоположений изотопа и счетчика, поглощение гамма-лучей жидкостью прекратится, на счетчик попадут гамма-лучи и стрелка прибора отклонится от своего первоначального положения. Для поддержания уровня жидкости на определенной высоте счетчик через специальное устройство соединяют с автоматическим регулятором расхода жидкости.

В некоторых уровнемерах радиоактивный изотоп помещается в поплавке, а над поплавком устанавливается

счетчик. При изменении уровня жидкости изменится расстояние между изотопом и счетчиком, а следовательно, будут изменяться и показания прибора.

Уровнемеры используются для поддержания уровня нефтепродуктов в закрытых цистернах, для дистанционной сигнализации уровня раздела двух сред различной плотности (вода — пар, вода — керосин и др.), для автоматического регулирования и указания уровня жидкого металла и т. п. На металлургическом заводе им. Кирова уровнемеры используются для контроля за границей раздела жидкого и газообразного аммиака, на Бежецком сталелитейном заводе — для автоматизации процесса разлива стали (регулятор уровня УРУ-6), на автозаводе им. Лихачева — для поддержания уровня масла в закалочных ваннах на автоматических закалочных агрегатах (радиоактивный уровнемер АРПУ). Радиоактивные регуляторы уровня применяются на фабриках текстильной промышленности (Первая ситценабивная, «Красная Талка» и др.).

В настоящее время промышленность выпускает толщиномеры и уровнемеры различных конструкций. Например, Таллинский завод контрольно-измерительных приборов выпускает измеритель толщины покрытия ИТП-476, который позволяет измерять оловянные покрытия толщиной до 5 *микрон** с точностью 0,1 *микрона*. Измеритель толщины проката ИТУ-495 определяет толщину движущейся стальной ленты в диапазоне от 0,05 до 1 *мм*. Для бесконтактного автоматического определения верхней границы заполнения непрозрачных сосудов жидкими или сыпучими веществами и управления наполнительным устройством изготовляется гамма-измеритель уровня ГИУ-1 и др.

Советскими инженерами сконструирован грунтомер, часто называемый пульпомером. Этот прибор используется при намыве плотин землесосным снарядом. Он поддерживает постоянную концентрацию песка в пульпе (водопесчаной смеси), перекачиваемой земснарядом. Действие прибора основано на измерении гамма-излучения, проникающего через пульпопровод. С помощью прибора можно поддерживать плотность пульпы постоянной или изменять ее в нужную сторону.

Ташкентский завод выпускает измеритель плотности пульпы земснарядов ИППЗ-1, с помощью которого можно производить бесконтактное непрерывное дистанционное из-

*1 *микрон* = 0,001 *мм*.

мерение плотности пульпы, движущейся по трубопроводам. Прибор обеспечивает измерения при внутреннем диаметре трубы от 20 до 50 *см* и толщине стенок от 3 до 6 *мм*.

Радиоактивные изотопы в медицине

В Советском Союзе радиоактивные изотопы уже много лет используются для диагностики и лечения больных.

С помощью радия, например, лечат злокачественные опухоли. Лучи радия разрушающе действуют на ткани человека, причем опухолевые ткани к ним более чувствительны, чем здоровые. Однако получить радий очень трудно и производство его обходится чрезвычайно дорого. За 50 лет со времени открытия радия во всем мире получено всего около 2,5 *кг* радия. Ясно, что в лечебных целях радий может быть использован лишь в немногих специально оборудованных клиниках.

В течение нескольких лет в медицинской практике для лечения различных злокачественных опухолей, в том числе и раковых, широко применяется кобальт-60. На рис. 11 показана гамма-установка для лучевой терапии в условиях специализированного медицинского кабинета. Количество кобальта в ней эквивалентно 400 *г* радия. Защитный кожух, в котором помещен изотоп, представляет собой чугунный корпус, залитый свинцом, с коническим окном для выхода гамма-лучей. С помощью такой установки узкий пучок гамма-лучей, излучаемых кобальтом, можно направить в нужное место.

Ныне многим известны радоновые ванны, назначаемые при лечении ряда заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, а также при некоторых заболеваниях суставов и сердечно-сосудистой системы. На некоторых наших курортах имеются естественные радоновые источники. В большинстве случаев применяются искусственные радоновые ванны, предложенные профессором Барановым В. И. Искусственные радоновые ванны приготовляют из воды, в которой предварительно растворяется радон. Достаточно иметь 10 *мг* радия, чтобы ежедневно приготовлять 10—20 искусственных радоновых ванн.

В дерматологии для лечения кожных заболеваний применяются также бета-активные изотопы: фосфор-32, стронций-90, цезий-137. Иногда на больное место накладывают кусок материи, смоченной радиоактивным фосфором, и вы-

держивают определенное время. Вследствие малой проникающей способности бета-лучей действию подвергаются только поверхностные слои кожи. В некоторых случаях при лечении заболеваний радиоактивные вещества вводят

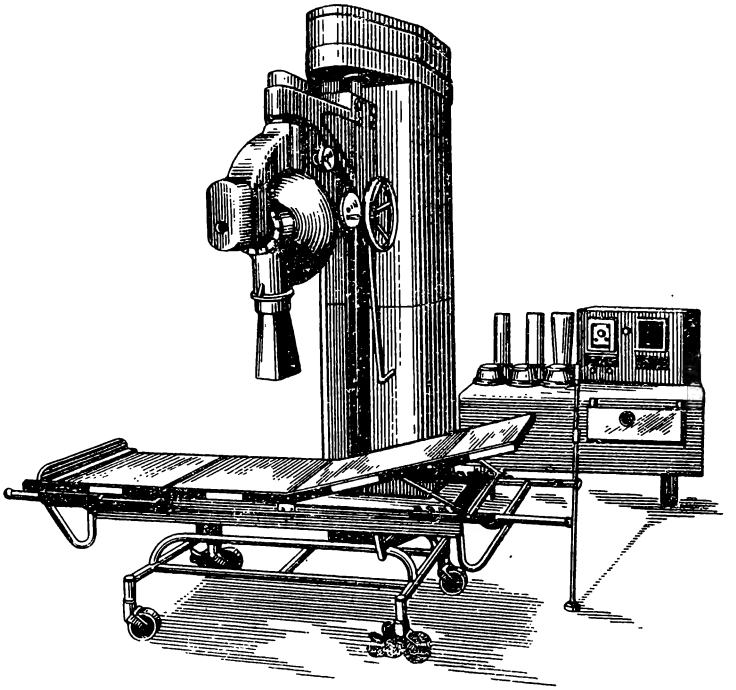

Рис. 11. Внешний вид стационарной медицинской гамма-установки ГУТ-Со-400

в организм, например радиоактивное золото вводится для борьбы с раком печени, а фосфор-32 — для лечения некоторых заболеваний кожи.

Радиоактивные методы разведки полезных ископаемых

Радиоактивные изотопы помогают геологам в поисках полезных ископаемых. Исследования показали, что нефть, каменный уголь, песчаники, в которых может быть нефть, обладают очень малой естественной радиактивностью по сравнению, например, с глиной, сланцами и другими по-

родами. Если в скважину опустить ионизационную камеру или счетчик, то их показания будут в известной мере характеризовать свойства пластов.

Метод регистрации естественной гамма-радиоактивности, называемый гамма-каротажем, наиболее успешно применяется при разведке запасов урана, тория и калия. Хорошие результаты получаются при измерении излучения, которое появляется в породах при опускании в скважину источника нейтронов.

Небольшая (с наперсток) ампула, содержащая смесь полония или радия с бериллием, дает миллионы нейтронов ежесекундно. Вместе с этой ампулой в скважину, проделанную в породе, опускают счетчик радиоактивности, причем между ампулой и счетчиком ставят свинцовый экран, чтобы нейтроны в счетчик не попадали. При проникании в породу, окружающую источник, нейтроны замедляются и поглощаются ядрами атомов элементов, из которых состоит порода. Захват нейтронов сопровождается испусканием гамма-лучей. Самопишущий прибор, соединенный со счетчиком, будет давать запись регистрации гамма-излучения, которую затем обрабатывают и узнают, какие элементы можно ожидать на той или иной глубине.

Чтобы повысить степень извлечения нефти из недр земли, искусственно поддерживают пластовое давление, накачивая воду как внутрь самой залежи, так и за ее контуром. Практика показала, что в этом случае требуется тщательно контролировать границу контакта воды с нефтью. Очень эффективными оказались радиометрические методы контроля. С их помощью можно повысить коэффициент извлечения запасов нефти примерно на 10%. Это даст стране дополнительно многие миллионы тонн нефти.

Поиски полезных ископаемых можно также вести методами, основанными на регистрации рассеянных гамма-лучей (гамма-гамма-каротаж) или нейтронов (нейтрон-нейтронный каротаж). Каждая порода по-своему рассеивает гамма-лучи и нейтроны. Особенно сильное рассеяние создают уголь, нефть, вода и другие легкие вещества.

Применение радиоактивных методов при разведке и добыче нефти, газа и угля экономит десятки миллионов рублей ежегодно. Только на промыслах Азербайджана экономия в 1961 г. составила 1 млн. 380 тыс. руб.

Радиоактивные изотопы и ядерные излучения позволяют более быстро и с меньшими затратами производить разведку природных богатств. В тех случаях, когда ре-

зультаты такой разведки недостаточно точны, окончательные выводы о месторождениях делают на основании сопоставления данных, полученных различными методами разведки.

Использование радиоактивных изотопов в сельском хозяйстве

В сельском хозяйстве радиоактивные изотопы используются прежде всего для научных исследований.

Большое внимание уделяется изучению взаимодействия между растениями, почвой и удобрениями с целью разработки рациональных режимов внесения удобрений. Методом меченых атомов было выяснено влияние на развитие растений некорневой подкормки, глубины внесения удобрений и ряд других вопросов.

Исследования также показали, что радиоактивные излучения существенным образом влияют на рост и развитие растений. Высокие дозы облучения обычно губят растения. При снижении доз, когда часть облученных растений не погибает, излучения вызывают глубокие наследственные изменения, среди которых встречаются очень ценные. Использование изотопов, следовательно, может намного ускорить работу селекционеров; если при обычных методах работы на выведение нового сорта растений требуется несколько лет, то при использовании изотопов в некоторых случаях это может быть сделано за несколько месяцев. При действии слабых доз радиации быстрее идет рост и созревание растений и иногда улучшается качество их продукции. Ускоряющее действие излучений зависит от состояния семян, от температуры и влажности окружающей среды и некоторых других факторов.

В Институте биологической физики Академии наук СССР изготовлена передвижная гамма-установка для предпосевного облучения семян. С помощью этой установки можно облучить до 1000 *кг* семян в сутки. Вместе со вспомогательными устройствами установка весит 1,6 *т* и может быть смонтирована на автомобильном прицепе.

Опытами и исследованиями, проведенными в Институте биологической физики Академии наук СССР, доказано, что предпосевное облучение семян благотворно действует на рост и развитие растений. Например, предпосевное облучение семян моркови дозой гамма-лучей в 2500 *р* повышало урожай корнеплодов в среднем на 22% с уве-

личением содержания витамина С и каротина. При облучении семян кукурузы (доза 500 *р*), как показывают опыты, проведенные в Латвийской ССР, в Московской и Ленинградской областях, урожай зеленой массы возрастает на 17—22%. Предпосевное облучение семян капусты дозой в 2000 *р* дает прибавку урожая на 20—21% с увеличением до 16% содержания витамина С. Добавка к удобрениям изотопов с активностью от одной миллиардной до одной стотысячной доли *кюри* на килограмм удобрения дает хорошие результаты для клевера, овса, картофеля, пшеницы и подсолнечника.

Работникам сельского хозяйства в ряде случаев необходимо знать влажность почвы. Обычно это делалось путем взятия пробы и высушивания ее; разность весов взятой и высушенной пробы определяла влажность почвы. Теперь Рижский завод «Гидрометеоприбор» выпускает прибор М-30, который с помощью гамма-лучей измеряет влажность почвы в полевых условиях без выемки образцов почвы. Наша промышленность освоила также автоматический радиоизотопный снегомер типа М-55, позволяющий измерять запасы воды в снежном покрове с передачей по радио результатов измерений.

Сохранение продуктов питания с помощью радиоактивных излучений

Трудности, связанные с хранением продуктов питания, хорошо известны каждому. Попробуйте летом купленное мясо оставить вне холодильника, на другой день оно будет непригодно в пищу. А сколько гибнет фруктов и овощей от гниения, сколько зерна уничтожается различными насекомыми-вредителями! Предохранение продуктов питания от порчи, увеличение сроков их хранения является большой народнохозяйственной задачей. В Советском Союзе и в ряде социалистических стран проводятся широкие исследования по изысканию эффективных способов предохранения от порчи и уничтожения зерна, картофеля, фруктов, мясных и молочных продуктов.

Как известно, порча продуктов питания обусловлена в основном деятельностью бактерий и других вредных организмов; большой ущерб наносят черви, насекомые и другие сельскохозяйственные вредители. В последнее время биологи обратили внимание на возможность уничтожения

микроорганизмов с помощью радиоактивных излучений. Установлено, что облучение картофеля дозами 5—6 тыс. *р* в комбинации с другими методами увеличивает сроки его хранения до 1,5 лет (рис. 12); облучение свежих овощей и фруктов увеличивает срок их хранения более чем в 2 раза. Облученные картофель, овощи и фрукты полностью сохра-

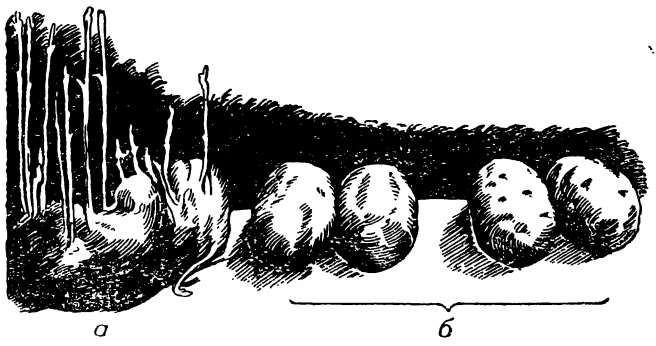

Рис. 12. Клубни картофеля, находящиеся в овощехранилище полтора года:
а — необлученные; *б* — облученные радиоактивным кобальтом

няют вкусовые качества и внешний вид. Облучение дозами 10—50 тыс. *р* предохраняет от порчи зерно, крупы, сушеные фрукты. Пастеризация и стерилизация радиоактивными излучениями происходят без повышения температуры обрабатываемых продуктов.

В качестве источников излучения при обработке продуктов питания используют отработанное ядерное горючее или радиоактивные изотопы (кобальт-60). Искусственной радиоактивности при облучении в продуктах не возникает.

Следует заметить, что пока еще окончательно не решены многие практические вопросы по внедрению лучевой обработки продуктов питания. Полученные результаты в ряде случаев являются предварительными, тем не менее перспективы этого метода бесспорны.

* * *

Велики и многообразны возможности использования радиоактивных веществ в народном хозяйстве. Примеры, которые приводились выше, отражают лишь часть того, что

делается с помощью радиоактивных изотопов в различных областях промышленности и сельского хозяйства, науки и техники. Меченые атомы и радиоактивные индикаторы, приборы контроля и дефектоскопы, лучевая дезинсекция и стерилизация, радиационная полимеризация и т. д., несомненно, найдут еще большее применение в ближайшем будущем.

Вместе с тем нельзя забывать о том, что радиоактивность может быть использована во вред человечеству. Об этом предупреждал еще Пьер Кюри. Работая с радием и наблюдая его биологическое действие, он говорил: «Можно представить себе и то, что в преступных руках радий способен быть очень опасным».

Жизнь подтверждает предвидение ученого. Мир является свидетелем того, как империалистические разбойники ставят величайшее открытие науки — расщепление атома — на службу войне. Ядерную энергию они прежде всего запрятали в атомную и водородную бомбы, радиоактивные вещества они превратили в радиологическое оружие.

В США, Англии, Франции и других империалистических государствах много пишется о внедрении радиоактивных веществ в различные отрасли производства и хозяйства. Однако это внедрение в большинстве случаев носит не мирный, а военный характер. Вот некоторые примеры использования радиоактивных изотопов в американской практике.

В журнале «Nucleonics» (№ 1, 1960 г.) описывалось использование радиоактивных изотопов для исследования температурных расширений в газовых турбинах реактивных двигателей.

Во время работы двигателя элементы турбины нагреваются, расширяются, вследствие чего уменьшается зазор между лопатками; возможны даже их соприкосновение и поломка. Определить заранее величину расширения элементов турбины очень трудно, а производить какие-либо измерения во время работы двигателя практически невозможно из-за высоких температур и скоростей вращения и вследствие недоступности внутренней части двигателя. Как сообщает указанный журнал, многие трудности в измерениях удалось преодолеть с помощью радиоактивных изотопов. В установке, схема которой показана на рис. 13, применяются два источника гамма-излучения (в виде кусочков проволоки): один крепится на корпусе двигателя,

другой вставляется в отверстие, высверленное на лопатке. Положение источников определяется сцинтилляционным счетчиком, который установлен в свинцовом кожухе с небольшим отверстием для приема гамма-лучей. После запуска двигателя счетчик начинает перемещаться вдоль корпуса двигателя и, как только отверстие будет над изотопом, даст импульс тока. На кривой, которую чертит само-

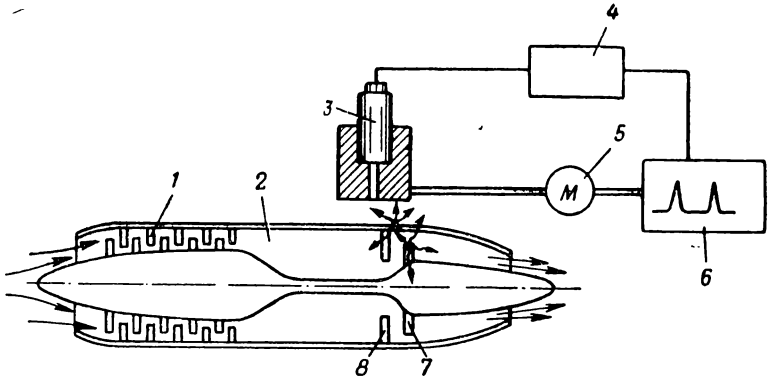

Рис. 13. Принципиальная схема установки для исследования температурных расширений в реактивных двигателях:
1 — компрессор; *2* — камера сгорания; *3* — счетчик (в свинцовом кожухе); *4* — измерительный блок; *5* — мотор; *6* — самописец; *7* — ротор турбины; *8* — сопловой аппарат

писец, появится острый пик. Двигаясь далее, счетчик станет против другого изотопа — на кривой возникнет второй пик. Расстояние между пиками как раз и характеризует величину зазора.

В печати США сообщалось также, что с помощью радиоактивных изотопов в ракетной технике можно исследовать ряд других вопросов, связанных с высокими температурами. Так, носовой конус баллистической ракеты при входе в плотные слои атмосферы может нагреться до такой температуры, что его поверхностный слой будет плавиться и разрушаться. Для исследования этого процесса, т. е. для определения износа носового конуса ракеты, одна из лабораторий США предложила использовать радиоактивные изотопы (рис. 14). В конструкцию носового конуса рекомендуется вставлять пробку, на боковую поверхность которой нанесен изотоп; с помощью приборов,

установленных внутри конуса, можно непрерывно измерять радиоактивность изотопа. По уменьшению активности судят о степени износа носового конуса ракеты.

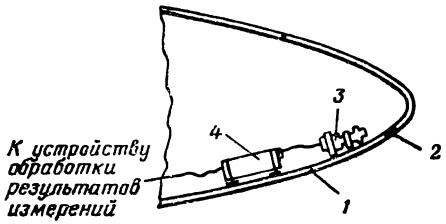

Рис. 14. Схема носового конуса с аппаратурой для определения степени его разрушения при входе в атмосферу:
1 — носовой конус; *2* — пробка с радиоактивным изотопом; *3* — сцинтилляционный счетчик; *4* — измерительный прибор

Метод меченых атомов в США используется в производстве и при испытании твердых ракетных топлив.

Одним из требований, которые предъявляются к ракетным твердым топливам, является однородность их состава. Неоднородные пороховые шашки сгорают неравномерно, а это в конечном счете влияет на полет ракеты. Для контроля степени однородности пороховой массы в зависимости от ее состава и условий перемешивания используются радиоактивные изотопы: йод-131, серебро-111 и железо-59. Опыты показали, что степень однородности зависит от формы бака-смесителя и получается не везде одинаковой. Время, необходимое для получения однородной массы, зависит от скорости перемешивания.

В американской печати сообщалось, что фирма Аэроджет использовала радиоактивный кобальт для обнаружения трещин в шашках твердого топлива двигателя баллистической ракеты «Поларис». Источник кобальта-60 помещался внутрь двигателя; гамма-лучи, выходившие наружу, регистрировались специальным прибором. Согласно данным фирмы, в шашках твердого топлива в ракетном двигателе диаметром 1 *м* этим способом можно обнаружить трещины до 0,7 *мм*.

Для расчета полета ракеты очень важно знать скорость ветра на траектории ракеты. В США раз-

работан специальный анемометр, обеспечивающий измерение скорости ветра в интервале от 0 до 100 *м/сек* и позволяющий производить измерения независимо от направления ветра. Основной частью анемометра является ионизационная камера. Положительным электродом в камере служит небольшой латунный шарик, на поверхность которого нанесен тонкий слой радиоактивного полония, испускающего альфа-частицы; отрицательный электрод выполнен в виде трех колец, закрепленных вокруг шарика под прямым углом друг к другу. Альфа-частицы ионизируют воздух между электродами, и в цепи ионизационной камеры течет электрический ток. Ветер как бы сдувает ионизированный воздух, и ток в цепи камеры уменьшается. Чем быстрее проходит воздух между электродами камеры, тем слабее электрический ток. Характерно, что анемометр не имеет двигающихся частей.

По данным печати США, с помощью радиоактивных индикаторов можно определять рассеивание ракет при стрельбе по воздушной мишени.

Как известно, для надежного поражения воздушной цели ракета должна лететь точно по намеченной траектории. Чтобы проверить, обеспечивают ли механизмы ракеты такой полет, приходится проводить испытания и измерять минимальное расстояние при сближении ракеты с целью. В качестве цели обычно выбирают какую-либо летающую мишень.

Сущность метода поясняется рис. 15. Радиоактивный изотоп (кобальт-60 активностью 1 *кюри*) устанавливается на ракете, а индикатор промаха, т. е. прибор, регистрирующий гамма-излучение изотопа, — на мишени. Показания прибора записываются аппаратурой, находящейся на мишени, или передаются на землю с помощью радиотехнических средств. Метод позволяет регистрировать отклонение ракеты от мишени до 90 *м* при относительных скоростях мишени и ракеты до 900 *м/сек*.

В США радиоактивные изотопы используются также для быстрого обнаружения испытываемых ракет и управляемых снарядов. Для этого за 10 *мин* до запуска ракеты (снаряда) изотоп кобальт-60 или сурьма-124 устанавливается в приборный отсек изделия. Обнаруживается изделие с самолетов или вертолетов, «прочесывавших» район падения его последовательно полосами шириной 900 *м* до тех пор, пока бортовые сцин-

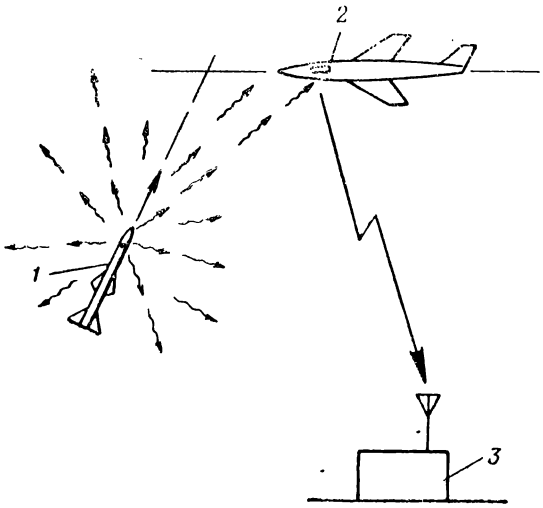

Рис. 15. Изучение рассеивания снарядов методом радиоактивных индикаторов:
1 — снаряд с радиоактивным изотопом; *2* — мишень; *3* — наземный радиотехнический пункт

тилляционные приборы не заметят гамма-излучение источника. Некоторые образцы ракет и снарядов разрушались во время полета, однако всегда определялось местонахождение приборного отсека с изотопом.

Примеры использования радиоактивных веществ в США приведены из одной отрасли производства — ракетной техники. Можно предполагать, что радиоактивные изотопы применяются и в других отраслях военной техники.

Было бы, однако, неправильно представлять страны Запада, в том числе США, как внедряющие радиоактивные вещества только в военные отрасли. Ученые капиталистического мира работают, конечно, над вопросами использования радиоактивных веществ и в мирных целях. Однако хозяева этих ученых предпочитают придавать их разработкам военное направление, а подчас разработки ведутся на деньги непосредственно военных министерств.

Приведем такой факт. Некоторое время назад в США было объявлено о разработке лучевого (при помощи радиоактивных изотопов) метода консервирования продуктов. Факт, казалось бы, заслуживающий внимания и одоб-

рения. А вот другая сторона этого факта: разработан метод в лаборатории Даугвейского полигона, подчиненного химическому корпусу армии США, и внедрен прежде всего для консервирования пищевых продуктов для нужд армии и флота.

Таких примеров можно было бы привести очень много. Но дело не в примерах. Дело в том, что эти примеры должны настораживать, все честные люди должны повышать бдительность, чтобы своевременно распознать коварные замыслы империалистов.

☆

Глава третья

РАДИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

Радиологическим оружием военные специалисты капиталистических стран называют оружие, действие которого основано на использовании радиоактивных веществ.

Как известно, 16 июля 1945 г. в США была испытана первая атомная бомба. Вскоре после этого две такие бомбы были сброшены с американских самолетов на японские города Хиросима и Нагасаки. Усилия правительства США, мобилизовавшего для создания ядерного оружия огромные промышленные ресурсы и лучшие научные силы, в том числе большую группу ученых, эмигрировавших в США из Европы в период фашизма, завершились успехом, энергия атомного ядра была поставлена на службу войне.

Однако монополия США на ядерное оружие быстро кончилась. Советский Союз в короткие сроки освоил производство ядерного, а затем и термоядерного оружия и успешно провел его испытания. Тогда в США началась шумиха о новом, невиданном до тех пор оружии — о «лучах смерти», или о радиологическом оружии; одновременно развернулась пропаганда радиологической войны.

Секрет радиологического оружия разгадывался чрезвычайно просто. Еще задолго до появления атомной бомбы ученым было известно, что при делении ядер урана появляются радиоактивные вещества, в то время и была высказана мысль о возможном использовании радиоактивных веществ и их излучений в военных целях. В США вопрос о радиоактивных веществах подробно был рассмотрен в докладе Э. Вигнера и Г. Смита в декабре 1941 г. Авторы доклада пришли к выводу о том, что продуктов деления, полученных за один день работы ядерного реак-

тора мощностью 100000 *квт*, было бы «достаточно, чтобы большую площадь превратить в пустыню» *.

В пропаганде радиологического оружия в США значительное место было отведено так называемой кобальтовой бомбе. Утверждалось, что если водородный заряд поместить в оболочку из кобальта, т. е. сделать корпус бомбы кобальтовым, то при взрыве под действием образующихся нейтронов возникнет большое количество радиоактивных веществ. Обычный кобальт хорошо поглощает нейтроны, превращаясь в радиоактивный изотоп с периодом полураспада 5,3 г. Буржуазная пресса представила кобальтовую бомбу как новое абсолютное оружие. Это явно было рассчитано на политический эффект.

Вопрос о радиологическом оружии, в том числе и о кобальтовых бомбах, наиболее интенсивно обсуждался в 50-х годах, после чего в значительной степени утратил свое значение. Дело в том, как указывалось в иностранной печати, что применение радиоактивных веществ экономически невыгодно по сравнению с другими средствами массового поражения. Кроме того, сколь-либо значительных запасов радиоактивных веществ создать не представляется возможным, так как в процессе хранения такие вещества распадаются и теряют свою активность; может оказаться, что к моменту применения радиоактивных веществ активность их будет незначительна. Однако вопрос использования радиологического оружия с повестки дня не снят. Об этом, в частности, говорит тот факт, что в США в последние годы большое внимание уделяется созданию нового образца этого оружия — нейтронной бомбы, с помощью которой (потоком излучающихся нейтронов), по мысли проектировщиков бомбы, будет умерщвляться все живое.

Основным способом ведения радиологической войны, по сложившимся в главных капиталистических странах взглядам, является создание сильного радиоактивного заражения с помощью ядерных взрывов. При термоядерном взрыве, например, произведенном США в Тихом океане 1 марта 1954 г., радиоактивному заражению подверглась площадь 18000 *км*^{2}; находясь в этом районе 36 *час*, человек мог получить серьезное лучевое заболевание. Не иск-

---

* Г. Л. Смит. Атомная энергия для военных целей. Перевод с английского. Гостранснелдориздат, 1946.

лючается также использование радиоактивных веществ в виде специальных порошков и растворов (боевых радиоактивных веществ).

Радиоактивное заражение при ядерном взрыве

Степень заражения местности радиоактивными продуктами ядерного взрыва зависит главным образом от вида и мощности взрыва.

При воздушном взрыве, когда ядерный боеприпас срабатывает на высоте нескольких сотен метров и огненный шар не касается поверхности земли, образуется небольшой участок заражения с незначительной концентрацией радиоактивных веществ; основная масса продуктов взрыва уносится на большую высоту и рассеивается в атмосфере. При взрыве у поверхности земли, т. е. при наземном взрыве, радиоактивное заражение получается гораздо более сильным. В этом случае огненный шар соприкасается с поверхностью земли, верхний слой почвы расплавляется, перемешивается с радиоактивными веществами и разбрасывается взрывной (ударной) волной; значительная часть радиоактивных веществ остается в районе взрыва, остальная же часть поднимается вместе с облаком и выпадает по пути движения облака.

Вполне понятно, что чем мощнее ядерный взрыв, тем больше по площади и сильнее по степени при одинаковых видах взрыва будет радиоактивное заражение местности.

Высота подъема облака ядерного взрыва зависит от мощности взрыва; при взрыве, например, ядерной бомбы среднего калибра облако поднимается на высоту 10—15 *км* и к концу подъема будет иметь размеры в поперечнике в несколько километров. Поднимаясь вверх, облако одновременно смещается под действием ветра. После того как подъем облака закончится, оно движется в направлении ветра, как и обычное облако.

Радиоактивные частицы, находящиеся в облаке ядерного взрыва, прилипают к частицам пыли, поднявшимся с земли, и медленно выпадают из облака на поверхность земли, в результате чего по пути движения облака образуется радиоактивный след в виде длинной полосы зараженной местности. На характер выпадения радиоактивных веществ и на форму следа влияют направление и скорость ветра во всех слоях воздуха от поверхности земли до

верхней кромки облака. Если во время выпадения радиоактивных веществ ветер дует в одном направлении, то участок заражения будет иметь форму вытянутого эллипса (рис. 16).

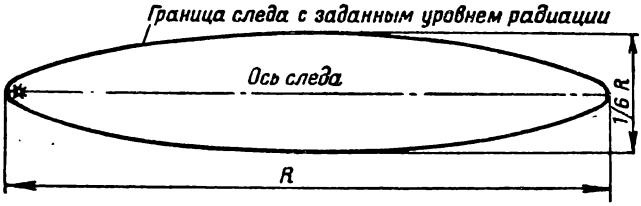

Рис. 16. Форма следа радиоактивного облака наземного ядерного взрыва

Мощность дозы, создаваемую излучением радиоактивных веществ на зараженной местности, принято называть уровнем радиации. Значения уровней радиации при наземном взрыве ядерной бомбы с тротиловым эквивалентом 20000 *т* и скорости среднего ветра 25 *км/час* могут быть примерно следующие *.

Расстояние от центра взрыва (по ветру), *км*	Уровень радиации, *р/час*
1,6	3000
3,7	1000
8,3	300
18,5	100
35,0	30
80,0	10

Уровни радиации, приведенные в таблице, можно ожидать через 1 *час* после взрыва при условии полного выпадения всех радиоактивных продуктов взрыва. С течением времени уровни радиации довольно быстро уменьшаются. Если через 1 *час* после взрыва уровень радиации в данном месте составляет, например, 300 *р/час,* то через двое суток он будет равен 3 *р/час.*

Уровни радиации по следу выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва, как видно из табли-

* «Действие ядерного оружия». Перевод с английского. Воениздат, 1960.

цы, неодинаковы. Большие уровни радиации наблюдаются ближе к месту взрыва; по мере удаления от места взрыва уровень радиации уменьшается. По ширине следа большие уровни радиации бывают у оси следа, к боковым границам они уменьшаются.

Необходимо иметь в виду, что на удалении от места взрыва выпадение радиоактивных веществ на землю начинается не сразу после взрыва, а спустя некоторое время. Так, например, на расстоянии 72 *км* при среднем ветре 24 *км/час* выпадение радиоактивных веществ начнется примерно спустя 3 *час* после взрыва.

Радиоактивные продукты ядерных взрывов загрязняют атмосферу, почву, природные воды. Наибольшую опасность при ядерных взрывах представляют долгоживущие радиоактивные изотопы, особенно стронций-90 и цезий-137. Следует учитывать также и то, что стронций-90 и цезий-137 активно поглощаются растениями и с растительной пищей попадают в организм животного и человека, т. е. включаются в биологический круговорот веществ.

Боевые радиоактивные вещества

В иностранной печати указывалось, что в качестве боевых радиоактивных веществ могут применяться специально приготовленные смеси, содержащие радиоактивные изотопы с периодом полураспада от нескольких недель до нескольких месяцев. Радиоактивные изотопы, обладающие более длительным, чем несколько месяцев, периодом полураспада, выделяют излучения слишком медленно и поэтому не могут быть эффективными (если только не применять их в больших количествах); изотопы с малым периодом полураспада, наоборот, распадаются слишком быстро и не могут представлять опасности длительное время.

Боевые радиоактивные вещества могут быть применены в виде порошков или растворов в боеприпасах осколочно-фугасного, зажигательного и радиационно-химического действия. Для применения боеприпасов с радиоактивными веществами могут быть использованы самолеты всех типов, а также крупнокалиберные орудия и минометы. В отдельных случаях заражение боевыми радиоактивными веществами источников воды и запасов продовольствия может быть осуществлено путем диверсии.

На рис. 17 приведена схема одного из возможных вариантов авиационной бомбы, снаряженной радиоактивны-

ми веществами. Радиоактивные вещества в бомбе помещаются между корпусом и разрывным зарядом. Бомбы способны разрываться в воздухе. При взрыве бомбы радиоактивные вещества дробятся, затем оседают на землю, образуя участок заражения.

Участки заражения, созданные с помощью боеприпасов, снаряженных радиоактивными веществами, характеризуются более равномерными, чем при ядерных взрывах, уровнями радиации (плотность выпадения радиоактивных веществ почти одинакова) и сравнительно медленными спадами их.

Боевые радиоактивные вещества имеют, однако, существенные недостатки. В упоминавшейся уже книге «Действие ядерного оружия» отмечаются трудности производства, снаряжения и доставки к цели боеприпасов с радиоактивными веществами, которые интенсивно испускают гамма-лучи. Кроме того, невозможно создать запасы радиоактивных веществ из-за непрерывного снижения их активности. Иностранные специалисты считают недостатком боевых радиоактивных веществ и то, что ими нельзя воспользоваться для достижения быстрого успеха на поле боя, так как действие радиации на человека проявляется не сразу.

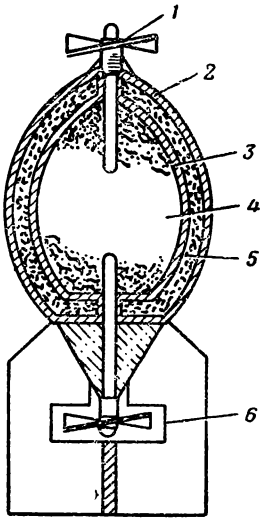

Рис. 17. Принципиальная схема бомбы, снаряженной радиоактивными веществами:

1 — головной взрыватель; *2* — корпус бомбы; *3* — оболочка разрывного заряда; *4* — разрывной заряд; *5* — радиоактивное вещество; *6* — донный взрыватель

* * *

По единодушному мнению иностранных военных специалистов, наличие радиоактивного заражения может значительно снизить подвижность войск на поле боя и затруднить выполнение ими боевых задач, поэтому возникает необходимость в проведении специальных мероприятий, обеспечивающих успешные действия частей и подразделений в условиях радиоактивного заражения. Радиоактивное заражение может представлять большую опасность и для гражданского населения, в том числе расположен-

ного глубоко в тылу; необходимо также проводить мероприятия, обеспечивающие защиту гражданского населения от воздействия радиоактивных веществ. К числу таких мероприятий, проводимых как в войсках, так и по линии гражданской обороны, относятся прежде всего радиационная разведка, использование средств защиты, санитарная обработка, дезактивация.

Изучение и знание свойств радиоактивных веществ облегчит организацию и проведение защиты от их воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

(рекомендуется для глубокого изучения вопросов, затронутых в настоящей брошюре)

Радиоактивные изотопы и ядерные излучения в народном хозяйстве СССР. Труды Всесоюзного совещания 12—16 апреля 1960 г. Госстройтехиздат, 1961.

Труды Ташкентской конференции по мирному использованию атомной энергии. Изд. АН Узб. ССР, Ташкент, 1960.

Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Доклады советских ученых. Том 4. Получение и применение изотопов. Атомиздат, 1959.

Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Избранные доклады иностранных ученых. Том 10. Производство и применение изотопов. Атомиздат, 1959.

Румянцев С. В. Применение радиоактивных изотопов в дефектоскопии. Атомиздат, 1960.

Казаков Н. Ф. Радиоактивные изотопы в исследовании износа режущего инструмента. Машгиз, 1961.

Таточенко А. К. Радиоактивные изотопы в приборостроении. Атомиздат, 1960.

Брода Э., Шенфельд Т. Применение радиоактивности в технике. Пер. с нем. Физматгиз, 1959.

Петров Н. П., Сырнев В. П. Радиоактивные излучения и их измерения. Воениздат, 1960.

Иванов А., Рыбкин Г. Поражающее действие ядерного взрыва. Воениздат, 1960.

Действие ядерного оружия. Пер. с англ. Воениздат, 1960.

Нисневич А. И. Применение радиоактивных изотопов для изучения долговечности деталей машин. 1962.

Михеев Г. Ф., Постников В. Н. Эффективность применения радиоактивных изотопов в народном хозяйстве. Госатомиздат, 1962.

☆

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава 1. **Мир излучающих атомов**	5
Открытие радиоактивности	—
Строение атома	7
Естественная радиоактивность	8
Искусственная радиоактивность	10
Измерение радиоактивных излучений	12
Биологическое действие радиоактивных излучений	14
Глава 2. **Использование радиоактивных веществ**	17
Метод меченых атомов	—
Гамма-дефектоскопия	22
Радиоактивные изотопы в приборах контроля и управления	26
Радиоактивные изотопы в медицине	32
Радиоактивные методы разведки полезных ископаемых	33
Использование радиоактивных изотопов в сельском хозяйстве	35
Сохранение продуктов питания с помощью радиоактивных излучений	36
Глава 3. **Радиологическое оружие**	44
Радиоактивное заражение при ядерном взрыве	46
Боевые радиоактивные вещества	48
Литература	51

☆

Седов Анатолий Иванович
РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА
М., Воениздат, 1963, 52 с.
Редактор *Чугасов А. А.*
Технический редактор *Муханова М. Д.*
Корректор *Козлова Л. И.*

Сдано в набор 20.04.63 г. Г-90997. Подписано к печати 12.7.63 г.
Формат бумаги 84×108¹/₃₂ — 1⁵/₈ печ. л. = 2,665 усл. печ. л. 2,621 уч.-изд. л.
Тираж 33 000 экз. ТП 63 г. № 67
Изд. № 6/2824. Зак. 994.

1-я типография
Военного издательства Министерства обороны СССР
Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3

Цена 8 коп.

Цена 8 коп.